智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理之实证研究*

胡漠[1] 马捷[1,2] 李璐[1]
[1] 吉林大学管理学院 长春 130022 [2] 吉林大学信息资源中心 长春 130022

摘要：［目的/意义］探析智慧城市多元主体信息链的协同效应作用机理，有助于智慧城市管理者获悉提升智慧城市多元主体信息链协同效应的关键因素，从而在多元主体信息链协同服务层面提升智慧城市的智慧水平，为民众提供更加优质的智慧服务。［方法/过程］在识别与分析我国智慧城市多元主体信息链的信息主体、信息、信息环境基础上，围绕主体协同、信息协同与机制协同3个维度提出6个关于智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的研究假设，通过问卷调查获取456组有效数据，并采用结构方程模型对提出的研究假设进行检验。［结果/结论］检验结果表明，机制协同与信息协同直接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应；主体协同通过机制协同与信息协同间接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应。根据检验结果，提出5个具有针对性的提升智慧城市多元主体信息链协同效应的具体策略，为智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理研究与实践提供有益参考。

关键词：智慧城市 信息链 多元主体 主体协同 机制协同 信息协同
分类号：G251
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2019.15.003

《联合国人居署2014－2019战略规划》指出，超过一半的全球人口居住在城市[1]。过去20年间，随着社会经济的不断发展，世界人口大规模地向城市迁移，在城市面貌发生巨变的同时，也给城市管理者带来了诸多不可逃避的“城市病”问题，如城市人口拥挤、工业污染、交通拥堵、资源短缺等，其根本原因在于传统城市在社会管理与服务方面的落后，为有效解决“城市病”问题，许多国家提出智慧城市建设的议题[2-7]。2013年8月，国务院发布的《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》中明确提出加快我国智慧城市建设[8]。智慧城市是一个复杂的、开放的、巨型的系统，包含智慧城市系统本身及其周围的物质、能量、信息的交换。智慧城市系统内部各个主体间的信息交换形成了智慧城市多元主体信息链。智慧城市多元主体信息链的流畅运转有益于信息链中各个主体间的协同。对智慧城市多元主体信息链协同效应的作用机理进行研究，有助于智慧城市管理者获悉提升智慧城市多元主体信息链协同效应的关键因素，从而在多元主体信息链协同服务层面提升智慧城市的智慧水平，为市民提供更加优质的智慧服务。

本研究从实证角度出发，首先对我国智慧城市多元主体信息链进行识别与分析，其次围绕智慧城市多元主体信息链的主体协同、机制协同与信息协同3个维度，提出本文的研究假设，通过问卷调查获取研究数据，采用结构方程的方法对提出的研究假设进行检验，最终获取智慧城市多元主体信息链协同效应的作用机理，并根据所得到的作用机理，有针对性地提出提升智慧城市多元主体信息链协同效应的优化策略。对智慧城市而言，提升智慧城市多元主体信息链的协同效应是提升智慧城市整体协同运行效率的基础；对智慧城市中的各个主体而言，提升智慧城市多元主体信息链的协同效应是实现智慧城市各个主体间信息快速、有效、协同联动的基础。

* 本文系国家社会科学基金重点项目“信息生态视角下智慧城市信息协同结构与模式研究”（项目编号：17ATQ007）研究成果之一。
作者简介：胡漠（ORCID：0000-0003-1605-9755），博士研究生，E-mail：humo16@mails.jlu.edu.cn；马捷（ORCID：0000-0002-1471-2143），教授，博士，博士生导师；李璐（ORCID：0000-0003-0460-1789），硕士研究生。
收稿日期：2019-01-28 修回日期：2019-04-12 本文起止页码：23-32 本文责任编辑：易飞

1 研究综述

智慧城市的概念较早源于2008 年 IBM 提出的“智慧地球”这一理念[9]:①关于智慧城市概念的研究,朱凯悦等采用内容分析法对 CNKI 近 10 年内关于智慧城市研究的核心期刊文献进行梳理,利用 Nvivo 软件提炼出来关于智慧城市这一概念的 8 个核心类目,分别为创新、管理、智能、信息技术、资源、服务、生活、持续,并据此将智慧城市定义为:将信息技术与城市发展相结合,以问题、目标与需求为导向通过创新城市发展模式、整合优化城市资源、提升城市运行效果与服务能力,以提高城市生活质量与推动城市可持续发展[10]。B. Mattoni 等认为智慧城市代表了硬件与软件之间、技术与人力资源之间的平衡,智慧城市的最终目标是保障居民的生活品质[11]。②关于智慧城市发展水平评价的研究,G. C. Lazaroiu 等通过构建智慧城市模糊逻辑评价模型,评估了 10 座具有代表性的意大利智慧城市的智慧水平[12]。李霞等认为智慧城市是城市信息化发展的高级形态,为了解智慧城市信息化实践过程中存在的区域差异,构建了基于创新驱动、智慧产业发展水平、智能基础设施支持、智慧城市信息枢纽、智慧城市信息服务 5 个评价指标在内的智慧城市信息化发展评价指标体系,并以北京、上海、天津、广州、重庆、成都、武汉、郑州 8 个国家中心城市为例进行实证研究[13]。张长亮等从智慧政务、智慧交通、智慧医疗 3 个方面对比中国和新加坡两国的智慧城市建设情况,认为我国亟待打破各部门间的信息协同壁垒,以期加快推动我国智慧城市建设[14]。

近年来:①关于对智慧城市信息协同机制的研究,马捷等基于关联数据构建了“人 - 事件 - 信息”三元框架,并根据该框架构建了智慧城市的政府智慧服务信息协同机制,该机制认为:“人”是信息协同的主体;“事件”是智慧服务的客体;“信息”是智慧服务过程中的燃料,智慧城市的政府智慧服务信息协同机制是指利用“信息”作为能源推动政府智慧化运转的机制[15]。②关于对智慧城市信息服务协同体系的研究,吴志红等人运用矩阵理论,将组织、技术、资源、人员、服务、用户集成构建了一个智慧城市区域集群式协同体系模型,以期推动智慧城市在集群联合、协同运行、共享增长等方面的发展[16]。③关于对智慧城市信息协同结构测度与优化的研究,陈锐等为解决智慧城市系统缺少对信息协同结构的有效测度问题,基于模糊聚类算法,构建了给定置信区间的多主体信息协同差异测度模型,并从差异测度与关系测度两个层面给出了多主体信息协同模型的优化策略[17]。

智慧城市作为一个复杂的巨系统,运用信息链原理能够更好地把握智慧城市中多主体间信息流转与协同的过程[18]。马捷等以信息生态链理论为指导,设计了基于多元主体协同的智慧城市信息生态链模型,以期为我国智慧城市信息链的建设与管理提供参考[19]。当前,关于我国智慧城市多元主体信息链协同效应的研究主要集中于对智慧城市内涵与发展水平评价的探讨、对智慧城市信息协同的机制、体系与测度指标的构建、对智慧城市信息生态链的设计等方面,少见对智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的深入研究,对智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理进行深入研究,有助于智慧城市的管理者获取提升智慧城市多元主体信息链协同效应的关键要素,从而在多元主体信息链协同服务层面提升智慧城市的智慧水平,为市民提供更加优质的智慧服务。综上所述,本文将采用假设检验的研究思路,通过实证研究获悉我国智慧城市多元主体信息链协同效应的作用机理。以期为我国智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理研究与实践提供有益参考。

2 智慧城市多元主体信息链识别与分析

信息链是由信息主体、信息、信息环境构成的信息流转的链式依存关系[20],智慧城市信息链的信息主体是参与智慧城市建设与发展的各个政府职能部门及建设与发展智慧城市所服务的对象——民众,信息是指在智慧城市多元主体间流转的信息,信息环境即保障智慧城市信息链得以良好运转的各种环境的保障机制,如经济环境、政策环境等。

《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》(以下简称《意见》)由国家发展和改革委员会等 8 部委联合印发,该指导意见为我国智慧城市建设确立了基本原则。本研究以《意见》发布的时间 2014 年 8 月 27 日为起点,对近 5 年内联合发布该《意见》的 8 部委,即国家发展和改革委员会(www. ndrc. gov. cn)、工业和信息化部(www. miit. gov. cn)、科学技术部(www. most. gov. cn)、公安部(www. mps. gov. cn)、财政部(www. mof. gov. cn)、国土资源部(2018 年 3 月国土资源部职责整合后组建自然资源部,其网址为 www. mnr. gov. cn)、住房和城乡建设部(www. mohurd. gov. cn)、交通运输部(www. mot. gov. cn)发布的部(委)令、规范性文件、公告作为数据源,通过主题进行人工筛选,共得到 3 052 份关于智慧政府建设的相关文件作为目标文本。

胡漠，马捷，李璐. 智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理之实证研究[J]. 图书情报工作,2019,63(15):23－32.

采用 Python 编程的方法对目标文本进行命名实体识别,从而获取智慧城市多元主体信息链的各个政府职能部门部分的信息主体。结合各主体间信息流转的情况及保障智慧城市多元主体信息链流畅运转的各种信息环境[18],得到我国智慧城市多元主体信息链,如图 1 所示:

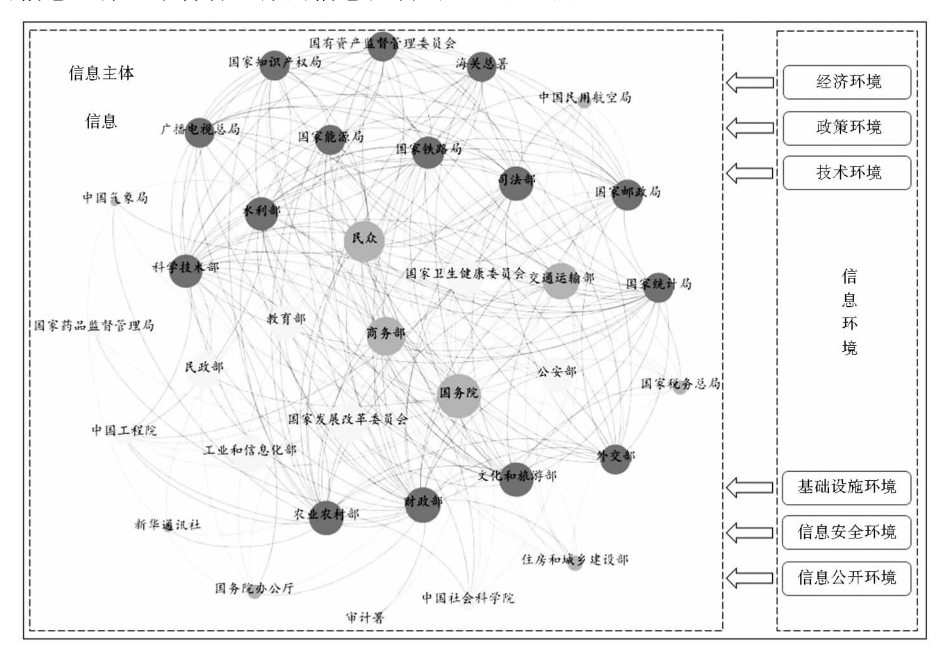


图 1　智慧城市多元主体信息链

由图 1 可知,经济环境、政策环境、技术环境、基础设施环境、信息安全环境、信息公开环境组成了我国智慧城市多元主体信息链的信息环境。在此信息环境中,我国智慧城市多元主体信息链包含 35 个信息主体(图 1 中用圆圈表示),圆圈越大,表示该节点发送与接收的信息量越多,各个信息主体间的信息流转产生了 400 条子信息链。信息主体、信息、信息环境间的相互作用保障了我国智慧城市多元主体信息链的协同效应的产生。

3　智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理

20 世纪 70 年代初原联邦德国物理学家赫尔曼·哈肯创立了协同理论,协同理论源于对协同效应的系统研究[21]。智慧城市多元主体信息链的协同效应是一个复杂的、动态的信息主体、信息、信息环境协同交互的过程所产生的效应。智慧城市多元主体信息链的各个信息主体、信息、信息环境通过主体协同、信息协同、机制协同实现智慧城市多元主体信息链运转的安全、高效与智能,从而提升智慧城市多元主体信息链的协同效应。智慧城市多元主体信息链的协同效应作用机理与跨组织联合体协同效应作用机理[22]有诸多相似之处,但是由于信息链自身所具有的特殊性,其协同效应作用机理亦具有特殊性。因此本文以跨组织联合体协同效应作用机理模型为基础[23-26],结合智慧城市多元主体信息链的自身特点,构建智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型,如图 2 所示:

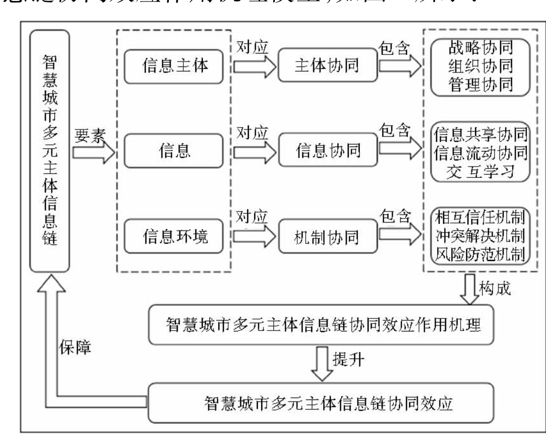


图 2　我国智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型

如图 2 所示,智慧城市多元主体信息链由信息主体、信息、信息环境 3 要素组成。其中智慧城市多元主体信息链的信息主体要素对应主体协同,主体协同包含战略协同、组织协同、管理协同 3 个维度;信息要素对应信息协同,信息协同包含信息共享协同、信息流动协同、交互学习 3 个维度;信息环境要素对应机制协同,机制协同包含相互信任机制、冲突解决机制、风险

防范机制 3 个维度。上述内容构成了智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理,理清智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理有助于提升智慧城市多元主体信息链的协同效应,从而保障我国智慧城市多元主体信息链的安全、高效、智能运转。

3.1 研究假设

智慧城市多元主体信息链中各个信息主体间的信息协同是保障智慧城市高效运行的关键环节。我国智慧城市建设处于快速发展阶段,现阶段我国智慧城市多元主体信息链包含 35 个信息主体,随着我国智慧城市建设的不断发展,信息主体的数量亦会不断增加。我们必须面对解决信息主体数量不断增加而带来的诸多问题,如随着信息主体的不断增加,不同信息主体间的战略目标出现不一致的情况;不同信息主体在合作过程中遇到战略目标的转换,出现战略目标的转换缺乏整体性的情况等。为了理清上述问题是否对智慧城市多元主体信息链的协同效应产生影响及如何影响,笔者提出假设 1:

H1:智慧城市多元主体信息链的主体协同与协同效应呈正相关关系。

智慧城市多元主体信息链的协同机制是指足以保障智慧城市多元主体信息链协同效应实现的机制,是智慧城市多元主体信息链协同效应实现的不可或缺的要素,是实现其制度化的方法与手段,智慧城市多元主体信息链的机制协同为智慧城市多元主体信息链的主体协同提供了动力与保障。基于以上分析,笔者提出假设 2:

H2:智慧城市多元主体信息链的机制协同与协同效应呈正相关关系。

在智慧城市多元主体信息链中,信息是智慧城市多元主体信息链协同过程中的关键资源,智慧城市多元主体信息链的协同就是将信息在该协同过程中的最大效应发挥出来。因此,智慧城市多元主体信息链的信息协同是智慧城市多元主体协同效应实现的关键要素之一。基于以上分析,笔者提出假设 3:

H3:智慧城市多元主体信息链的信息协同与协同效应呈正相关关系。

根据协同理论,智慧城市多元主体信息链协同效应并不是智慧城市多元主体信息链中的某一部分或环节单独作用而产生的效应,而是智慧城市多元主体信息链的主体协同、信息协同与机制协同三者通过信息主体、信息、信息环境的交叉作用所产生的结果。通过智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同的支持与保障,促进智慧城市多元主体信息链的主体协同,从而实现协同效应。基于以上分析,笔者提出如下假设:

H4:智慧城市多元主体信息链的机制协同与主体协同呈正相关关系;

H5:智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同呈正相关关系;

H6:智慧城市多元主体信息链的主体协同与信息协同呈正相关关系。

3.2 研究方法与研究变量

笔者通过问卷调查的方法获取数据,从而探索性地对本研究所提出的假设进行验证及分析。调查问卷中所涉及的问题均在指标变量的基础上提出,如表 1 所示。所涉及的问题,均采用李克特七级量表来反应,评价等级中的数字 1 =“完全不符合”、2 =“比较不符合”、3 =“稍微不符合”、4 =“一般”、5 =“稍微符合”、6 =“比较符合”、7 =“完全符合”。

表 1 指标变量与指标描述

研究变量	测量指标	指标描述
主体协同 A	战略协同 A1 组织协同 A2 管理协同 A3	不同智慧城市政府部门间合作时战略目标一致 a1 合作过程中战略目标的转换具有整体性 a2 不同智慧城市政府部门间合作时各部门间衔接紧密 a3 通过协作,智慧城市政府部门间资源得到优化配置 a4 不同政府部门合作中实现人员与分工的协作 A5
机制协同 B	相互信任机制 B1 冲突解决机制 B2 风险防范机制 B3	智慧城市各合作政府部门间基于信任关系,沟通效率提高 b1 冲突解决机制促进智慧城市各政府部门间能共同协商,解决所面对的困难 b2 风险防范机制有助于减少风险发生的概率 b3 风险防范机制有助于提高智慧城市各政府部门间合作的稳定性 b4
信息协同 C	信息共享协同 C1 信息交流协同 C2 交互学习 C3	智慧城市各政府部门间信息共享效率提高 c1 智慧城市各政府部门间信息流动频率增加 c2 智慧城市各政府部门间信息技术得到交流 c3
智慧城市信息链协同效应 D	安全 D1 高效 D2 智能 D3	通过协作,使智慧城市信息链更加安全 d1 通过协作,使智慧城市信息链更加高效 d2 通过协作,使智慧城市信息链更加智能 d3

(1)对智慧城市多元主体信息链的主体协同的衡量,现有研究并没有相关的成熟量表,本文主要根据现有的对供应链[23]、产业群[24]等不同形式的跨组织合作中主体协同的表现形式及作用方式,结合构成智慧城市多元主体信息链的各主体之间具有行政、经济利益等关系的特点,提出从战略协同、组织协同、管理协同3个二级指标来衡量智慧城市多元主体信息链的主体协同,并在这3个二级指标下构建了5个观测性指标对其进行阐述。

(2)对智慧城市多元主体信息链的机制协同的衡量,虽然现阶段没有直接的测度量表,但对跨组织间联合体的协同机制的研究较为丰富。本文主要借鉴了司林波等[25]、解学梅等[26]学者的研究,提出从相互信任机制、冲突解决机制、风险防范机制3个二级指标来衡量智慧城市多元主体信息链的机制协同,并在这3个二级指标下构建4个观测性指标对其进行阐述。

(3)对智慧城市多元主体信息链的信息协同的衡量,本文主要从智慧城市多元主体信息链的信息协同过程角度出发,根据不同信息主体信息的需求及优势,通过信息在智慧城市多元主体信息链中的流转与共享,实现智慧城市多元主体信息链的整体运行效益优于各部分运行效益相加。综合借鉴李徽[27]、刘星[28]等学者的研究成果,提出从信息共享协同、信息交流协同、交互学习3个二级指标来衡量智慧城市多元主体信息链的信息协同,并在这3个二级指标下构建了3个观测性指标对其进行阐述。

(4)关于智慧城市多元主体信息链协同效应,本文主要从智慧城市多元主体信息链协同效应实现所产生的结果方面考虑,提升智慧城市多元主体信息链的协同效应,将促进智慧城市多元主体信息链更加安全、高效与智能地运转。

3.3 样本选择与数据来源

3.3.1 样本选择 为验证本文所提出的智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型及相关假设的准确性,本研究设计了调查问卷。针对我国智慧城市建设现状而言,智慧城市多元主体信息链的协同主体主要由相关政府部门组成,因此,本研究设计对政府公务员的问卷发放比例占总问卷数量比例的50%。由于各大专院校的毕业生是未来政府公务员群体的重要组成部分,对目前在校的本科生、硕士生、博士生对智慧城市多元主体信息链协同效应所持有的观点进行调查,亦具有十分重要的现实意义,因此,本研究设计对在校学生的问卷发放比例占总问卷数量比例的30%。智慧城市建设本着以人为本的观念,对市民对智慧城市多元主体生态链协同效应所持有的观点进行了解,亦是本问卷调查不可或缺的一部分,因此,本研究设计对市民的问卷发放比例占总问卷数量比例的20%,如表2所示:

表2 问卷发放与回收数量统计

样本选择	细分	设计与实际发放量	发放量占比	回收量	有效量	有效回收率占比
公务员		(共300份)	50%	(共259份)	242份	53.07%
	科级	小计:200份		小计:176份		
	处级	80份		67份		
	厅级与其他	20份		16份		
在校生		(共180份)	30%	(共157份)	138份	30.26%
	本科生	小计:60份		小计:53份		
	硕士生	60份		51份		
	博士生	60份		53份		
民众		(共120份)	20%	(共107份)	76份	16.67%
	华北地区	小计:20份		小计:19份		
	东北地区	20份		20份		
	西北地区	20份		19份		
	华东地区	20份		13份		
	中南地区	20份		18份		
	西南地区	20份		18份		
合计		600份		523份	456份	

3.3.2 数据来源 本调查问卷的发放采用纸质问卷与网络问卷两种形式,共发放问卷600份:对公务员群体发放问卷300份,占总问卷数量的50%;对在校本、硕、博学生群体共发放180份,占总问卷数量的30%;市民群体共发放问卷120份,占总问卷数量的20%。共回收问卷523份,人工剔除无效问卷后,共回收有效问卷456份:公务员群体的有效问卷回收量为242份,占总有效问卷的53.07%;学生群体的有效问卷回收

量为 138 份，占总有效问卷的 30.26%；市民群体的有效问卷回收量为 76 份，占总有效问卷的 16.67%，基本达到预期的发放比例。本调查问卷的发放、回收有效，具体发放与回收数量见表 2。

3.4　智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理实证研究

3.4.1　信度与效度分析　信度分析是一种测度综合评价体系是否具有一定稳定性和可靠性的有效分析方法。Cronbach's Alpha 的取值区间为[0,1]，且 Cronbach's Alpha 的值越大，样本数据的可信度越高。如表 3 所示，本研究样本中，15 项变量的 Cronbach's Alpha 值为 0.946。说明本样本数据内部具有较高的一致性，样本数据信度较高，其所反映的测量结果稳定可靠。

表 3　样本数据信度检验结果

Cronbach's Alpha	基于标准化项的 Cronbach's Alpha	项数
.946	.947	15

通过探索性因子分析对智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的指标进行信度检验。在进行因子分析前先进行 KMO 和 Bartlett 的检测，结果如表 4 所示，KMO = 0.949，Bartlett 的球形检验值为 4 502.892，相应的概率 Sig. 为 0.000。这表明本研究所涉及的观测变量比较适合做分析，调查问卷所得的数据可以进行因子分析。

表 4　KMO 和 Bartlett 的检测

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量。		.949
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	4502.892
	df	105
	Sig.	.000

运用主成分分析法进行探索性因素分析，如表 5 所示，基于特征值大于 1 的原值与最大方差法的正交旋转进行探索性因素提取，只有前两个因子特征值大于 1，且累计占比 64.731%。因此提取前 2 个因子作为主成分因子，这 2 个主成分因子共同解释了总体方差的 64.731%，说明本研究所设置的各项指标具有构建效度。

3.4.2　结构方程模型与假设检验　运用 AMOS 统计软件，对本研究回收的有效问卷进行分析，检验本文所提出的智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型，并对相关假设进行验证，以确定本文所提出的各种假设关系的最终结构方程模型，见图 3。

表 5　解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的 &	累积%
1	8.656	57.705	57.705	8.656	57.705	57.705
2	1.054	7.027	64.731	1.054	7.027	64.731
3	.777	5.149	69.881			
4	.615	4.099	73.980			
5	.544	3.629	77.609			
6	.526	3.505	81.114			
7	.471	3.140	84.255			
8	.397	2.647	86.902			
9	.382	2.546	89.448			
10	.329	2.191	91.640			
11	.297	1.979	93.618			
12	.279	1.862	95.480			
13	.236	1.575	97.055			
14	.232	1.545	98.600			
15	.210	1.400	100.00			

提取方法：主成份分析

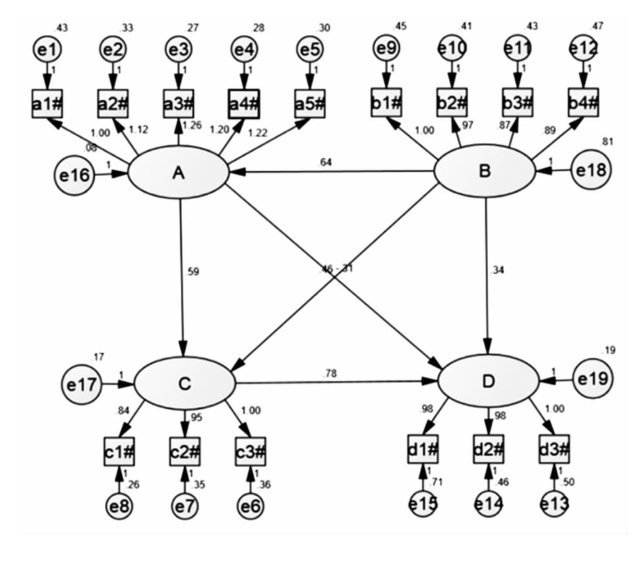


图 3　智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型路径

智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型拟合度检验结果如表 6 所示：

表 6　智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型拟合度检验

拟合指标	GFI	PGFI	RMSEA	NFI	IFI	TLI	CFI
指标值	0.911	0.638	0.08	0.931	0.948	0.935	0.948

表 6 中：①GFI 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的拟合优度指数，按照惯例，要接受模型，其 GFI 指标值应大于或等于 0.90，本模型的 GFI 指标值为 0.911，说明本文所构建的智慧城市多元

主体信息链协同效应作用机理模型可以被接受；②PGFI 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的简效拟合度指数，它是独立模式的自由度与内定模式的自由度的比率乘以 GFI 所得的指标值，智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的简效拟合优度指数为 0.638；③RMSEA 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型近似误差均方根的值，按照惯例，如果 RMSEA 小于或等于 0.08，说明模型具有适当的拟合性，智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型近似误差均方根的值为 0.08，说明本模型具有适当的拟合性；④NFI 表示智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的规范拟合指数，按照惯例，NFI 小于 0.90 意味着需要重新设置模型，本模型的 NFI 取值为0.931，因此本模型无需重新设置；⑤IFI 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用模型的增值拟合指数，按照惯例，其值大于 0.90 为可接受拟合，本模型的 IFI 指标值为0.948，说明本模型的增值拟合度可以被接受；⑥TLI 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的非规范拟合指数，按照惯例，其值大于 0.90 为可接受拟合，本模型的 IFI 指标值为 0.935，说明本模型的非规范拟合度可以被接受；⑦CFI 是指智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的比较拟合指数，其值大于 0.90 表示模型可接受，本模型的 CFI 值为 0.948，说明本模型的比较拟合度可以被接受。综上所述，本文所构建的智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型的拟合度可以被接受，无需重新构建模型。

智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型参数估计结果如表 7 所示：

表 7　智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理模型参数估计结果

	非标准化路径系数估计	S. E	C. R	P	标准化路径系数估计
主体协同 ← 机制协同	0.64	0.045	14.268	* * *	0.893
信息协同 ← 协同效应	0.585	0.145	4.041	* * *	0.434
信息协同 ← 机制协同	0.455	0.104	4.363	* * *	0.472
协同效应 ← 主体协同	0.309	0.18	–1.714	0.086	–0.225
协同效应 ← 信息协同	0.776	0.123	6.321	* * *	0.761
协同效应 ← 机制协同	0.336	0.135	2.493	0.013	0.342
a1# ← 主体协同	1				0.702
a2# ← 主体协同	1.118	0.072	15.434	* * *	0.783
a3# ← 主体协同	1.257	0.076	16.558	* * *	0.843
a4# ← 主体协同	1.2	0.074	16.233	* * *	0.825
a5# ← 主体协同	1.22	0.076	16.151	* * *	0.821
c3# ← 信息协同	1				0.825
c2# ← 信息协同	0.951	0.049	19.533	* * *	0.814
c1# ← 信息协同	0.835	0.042	19.667	* * *	0.818
b1# ← 机制协同	1				0.802
b2# ← 机制协同	0.937	0.052	18.657	* * *	0.808
b3# ← 机制协同	0.837	0.05	17.522	* * *	0.769
b4# ← 机制协同	0.893	0.052	17.307	* * *	0.762
d3# ← 协同效应	1				0.783
d2# ← 协同效应	0.978	0.06	16.379	* * *	0.788
d1# ← 协同效应	0.981	0.066	14.838	* * *	0.718

注：“* * *”p 值为 0。C. R. >1.96 时，P<0.05；C. R. >2.58 时，P<0.01；C. R. >3.29 时，P<0.001

表 7 中，“S. E. ”为路径系数的标准误；“C. R. ”为临界比，临界比与原假设有关，为回归系数的估计值除以它的标准误的值，P 为检验原假设总体参数是 0 的近似双尾概值。从智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的结构方程模型的实证检验结果中可以看出，信息协同与智慧城市多元主体信息链协同效应具有正相关关系。如表 7 所示，其标准化路径系数 = 0.761，C. R. =6.321，P<0.001，临界比估值的绝对值大于 3.29 称之为显著，亦可以解释为这个回归系数在 0.001 显著水平上显著不等于 0。因此，H3（智慧城市多元主体信息链的信息协同与协同效应呈正相关关系）成立。H2（智慧城市多元主体信息链的机制协同

与协同效应显呈相关关系）的标准化路径系数 = 0.342，C. R. = 2.493，P < 0.05，这个回归系数在 0.05 显著水平上显著不等于 0，因此假设成立。同理可知，H4（智慧城市多元主体信息链的机制协同与主体协同呈正相关关系）、H5（智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同呈正相关关系）、H6（智慧城市多元主体信息链的主体协同与信息协同呈正相关关系）均成立。H1（智慧城市多元主体信息链的主体协同与协同效应显正相关关系）不成立，因其 P 值为 0.086，说明智慧城市多元主体信息链的主体协同并不能显著地影响智慧城市多元主体信息链协同效应的实现。结构方程模型假设检验结果如图 4 所示：

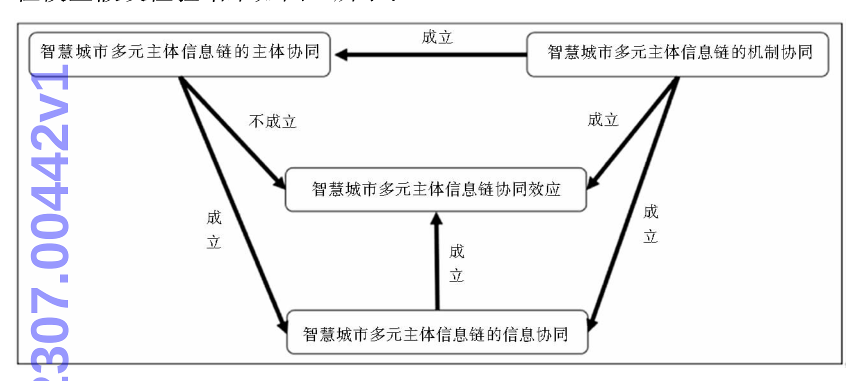


图 4 结构方程模型假设检验结果

如图 4 所示，根据假设分析结果可知，智慧城市多元主体信息链的机制协同直接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应，机制协同越完善，协同效应越显著；智慧城市多元主体信息链的信息协同亦直接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应，信息协同程度越高，协同效应越显著；智慧城市多元主体信息链的主体协同并不直接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应，其通过智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同间接地作用于协同效应。

4 智慧城市多元主体信息链协同效应优化策略

笔者根据智慧城市多元主体信息链协同效应作用机理的结构方程模型检验的结果，有针对性地根据组成智慧城市多元主体信息链的信息主体、信息、信息环境 3 个要素提出对智慧城市多元主体信息链协同效应的优化策略。

4.1 理性看待加强智慧城市多元主体信息链中信息主体要素的协同对提升其协同效应的重要性

由假设检验结果可知，H1（智慧城市多元主体信息链的主体协同与协同效应呈正相关关系）这一假设不成立，说明智慧城市多元主体信息链的主体协同并不直接作用于智慧城市多元主体信息链的协同效应。因此，摒弃思维惯性，理性看待智慧城市多元主体信息链中信息主体的协同的重要性，在人力、财力等资源有限的情况下，不将过多的资源投入到加强信息主体的协同，将利于提升智慧城市多元主体信息链的协同效应。

4.2 从增强智慧城市多元主体信息链的信息要素协同与信息环境要素协同的视角出发，加强对智慧城市多元主体信息链中信息主体的协同

由假设检验结果可知，H1（智慧城市多元主体信息链的主体协同与协同效应呈正相关关系这一假设）不成立，但 H4（智慧城市多元主体信息链的机制协同与主体协同呈正相关关系）、H2（智慧城市多元主体信息链的机制协同与协同效应呈正相关关系）、H6（智慧城市多元主体信息链的主体协同与信息协同呈正相关关系）、H3（智慧城市多元主体信息链的信息协同与协同效应呈正相关关系）均成立。说明智慧城市多元主体信息链的主体协同并不直接作用于智慧城市多元主体信息链的协同效应，而是通过智慧城市多元主体信息链的信息协同与机制协同间接地作用。因此从增强信息要素协同与信息环境要素协同的视角出发，加强对智慧城市多元主体信息链中信息主体的协同，将有利于提升智慧城市多元主体信息链的协同效应。

4.3 加速完善智慧城市多元主体信息链的信息环境要素的协同体系

智慧城市多元主体信息链的信息环境由经济环境、政策环境、技术环境、基础设施环境、信息安全环境、信息公开环境 6 个方面组成。由假设检验结果可知，H2（智慧城市多元主体信息链的机制协同与协同效应呈正相关关系）这一假设成立。因此，着力完善这 6 种信息环境的协同体系，将有利于智慧城市多元主体信息链协同效应的提升。

4.4 着力加强智慧城市多元主体信息链的信息要素的协同

由假设检验结果可知，H3（智慧城市多元主体信

息链的信息协同与协同效应呈正相关关系）这一假设成立，说明智慧城市多元主体信息链的信息协同直接作用于智慧城市多元主体信息链的协同效应。因此，着力加强智慧城市多元主体信息链的信息要素的协同，将有利于提升智慧城市多元主体信息链的协同效应。

4.5 灵活运用智慧城市多元主体信息链的信息环境要素协同与信息要素协同相互促进的关系

由假设检验结果可知，H5（智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同呈正相关关系）这一假设成立，说明智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同相互促进，提升一方的同时将给另一方也带来提升。因此，灵活运用智慧城市多元主体信息链的信息环境要素协同与信息要素协同相互促进的关系，将有利于智慧城市多元主体信息链协同效应的提升。

5 结语

智慧城市多元主体信息链协同效应的产生受智慧城市多元主体信息链中诸要素的影响与制约，本研究基于智慧城市多元主体信息链的信息主体、信息、信息环境 3 要素，从主体协同、信息协同、机制协同 3 个方面构建智慧城市多元主体信息链协同效应的作用机理模型。结合模型与实践中存在的问题，笔者提出了 6 个研究假设，采用问卷调查的方法获取了 456 组有效数据，并运用结构方程模型对假设进行检验，检验结果为智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同直接作用于智慧城市多元主体信息链协同效应，智慧城市多元主体信息链的主体协同通过智慧城市多元主体信息链的机制协同与信息协同间接地作用于协同效应。笔者根据检验结果，有针对性地对智慧城市多元主体信息链协同效应的提升提出了 5 个具体的优化策略，以期为提升智慧城市多元主体信息链协同效应提供有益参考。智慧城市的建设者与参与者可结合自身的实际情况，结合本文所给出的 5 个具体的优化策略，力求在短时间内快速提升智慧城市多元主体信息链的协同效应，使民众得到更加个性化、智能化的服务。

本文选用问卷调查的方法对研究主题进行论证，在发放问卷的广度与比例方面仍需进一步加强与优化。同时，本文作为实践性较强的命题，笔者在今后的研究中也将积极尝试采用其他更加客观的方法进一步完善与丰富本选题的论证。

参考文献：

[1] Goals & strategies of UN-Habitat[EB/OL]. [2019 - 01 - 16]. https://unhabitat.org/goals-and-strategies-of-un-habitat/.
[2] DAS R K, MISRA H. Smart city and e-governance: exploring the connect in the context of local development in India[C]// 2017 Fourth international conference on edemocracy & egovernment. Quito: IEEE, 2017: 232 - 233.
[3] PASKALEVA K. Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe[J]. International journal of innovation and regional development, 2009, 1(4):405 - 422.
[4] BAKICI T, ALMIRALL E, WAREHAM J. A smart city initiative: the case of barcelona[J]. Journal of the knowledge economy, 2013, 4(2):135 - 148.
[5] SUTANTA H, ADITYA T, ASTRINI R. Smart city and geospatial information availability, current status in indonesian cities[J]. Procedia-social and behavioral sciences, 2016, 227(14):265 - 269.
[6] KOMNINOS N, PALLOT M, SCHAFFERS H. Special issue on smart cities and the future internet in Europe[J]. Journal of the knowledge economy, 2013, 4(2):119 - 134.
[7] NJENGA M, BRAITSTEIN P, GALLAHER C. Innovations in urban agriculture and energy for climate-smart cities in Kenya[J]. Urban agriculture magazine, 2014(27):24 - 27.
[8] 国务院关于促进信息消费扩大内需的若干意见[EB/OL]. [2019 - 01 - 22]. http://www.gov.cn/zwgk/2013-08/14/content_2466856.htm.
[9] PAROUTIS S, BENNETT M, HERACLEOUS L. A strategic view on smart city technology: the case of IBM smarter cities during a recession[J]. Technological forecasting & social change, 2014, 11(89):262 - 272.
[10] 朱凯悦，崔庆宏，赵金先，等. 基于内容分析法的国内智慧城市概念研究[J]. 中国管理信息化,2019,22(1):147 - 149.
[11] MATTONI B, GUGLIERMETTI F, BISEGNA F. A multilevel method to assess and design the renovation and integration of smart cities[J]. Sustainable cities and socirty,2015, 7(15):105 - 119.
[12] LAZAROIU G C, ROSCIA M. Definition methodology for the smart cities model[J]. Energy, 2012, 11(47):326 - 332.
[13] 李霞，FONG P S W. 基于小波神经网络的智慧武汉信息化发展评价及对策研究[J]. 情报科学,2018,36(2):113 - 117.
[14] 张长亮，韩雪雯，李竟彤. 大数据背景下中国与新加坡智慧城市建设比较研究[J]. 现代情报,2018,38(10):126 - 131,141.
[15] 马捷，蒲泓宇，张云开，等. 基于关联数据的政府智慧服务框架与信息协同机制[J]. 情报理论与实践,2018,41(11):20 - 26.
[16] 吴志红，赵元斌，韩秀珍. 区域集群式信息服务协同体系与智慧城市深度融合之探讨[J]. 图书情报工作,2014,58(13):11 - 16.
[17] 陈锐，贾晓丰，赵宇. 基于模糊聚类的智慧城市多源信息协同结

构测度与优化[J]. 计算机应用研究,2016,33(7):1945 - 1951.

[18] 向尚,邹凯,张中青扬,等. 智慧城市信息生态链的系统动力学仿真分析[J]. 情报杂志,2017,36(3):155 - 160,154.

[19] 马捷,胡漠,连明. 基于多元主体协同的智慧城市信息生态链设计[J]. 情报科学,2016,34(12):70 - 74,81.

[20] 李美娣. 信息生态系统的剖析[J]. 情报杂志,1998(4):3 - 5.

[21] 马捷,张云开,蒲泓宇. 信息协同:内涵、概念与研究进展[J]. 情报理论与实践,2018,41(11):12 - 19.

[22] 李力. 新型产业技术标准联盟协同创新机制研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2014.

[23] 王鹏. 基于演化博弈的食品供应链各主体协同机制研究[D]. 天津:天津科技大学,2016.

[24] 张福平,王欣,王博,等. 我国都市型现代农业中利益主体协同机制研究——以北京市都市型现代农业产业为例[J]. 科技管理研究,2014,34(4):1 - 5.

[25] 司林波,孟卫东. 装备制造业技术协同创新机制协同度评价——基于 SIM 模型的实证分析[J]. 2017(2):104 - 109.

[26] 解学梅,徐茂元. 协同创新机制、协同创新氛围与创新绩效——以协同网络为中介变量[J]. 科研管理,2014,35(12):9 - 16.

[27] 李徽. 供应链信息协同绩效评价研究[D]. 大连:大连理工大学,2013.

[28] 刘星. 基于 BIM 的工程项目信息协同管理研究[D]. 重庆:重庆大学,2016.

作者贡献说明:

胡漠:提出论文思路、撰写论文;

马捷:把控论文整体框架、提出修改意见;

李璐:收集与整理相关文献。

An Empirical Study on the Synergistic Effect Mechanism of Multiple Subjects Information Chain of Smart City in China

Hu Mo[1] Ma Jie[1,2] Li Lu[1]

[1] School of Management, Jilin University, Changchun 130022

[2] Information Resources Research Center, Jilin University, Changchun 130022

Abstract: [**Purpose/significance**] Exploring the synergistic effect mechanism of multiple subjects information chain of smart city will help the managers learn the key factors of enhancing its synergistic effect, which can improve the smart standard on the level of multiple subjects information chain synergetic service, as well as provide better smart service for the populace. [**Method/process**] On the basis of identifying and analyzing the information subject, information and information environment of the multiple subject information chain of smart cities in China, this paper puts forward six hypotheses about the mechanism of synergistic effect of multiple subject information chain of smart cities from three dimensions: subject synergy, information synergy and mechanism synergy. 456 sets of valid data is obtained through questionnaire survey, and structural equation model is used to test the research hypothesis. [**Result/conclusion**] The results show that mechanism synergy and information synergy directly affect the synergy effect of multiple subject information chain of smart city, and subject synergy, through mechanism synergy and information synergy, has an indirect effect on the synergy effect. According to the test results, the authors give five specific strategies to enhance the synergistic effect of multiple subject information chain of smart cities. It provides a useful reference for the research and practice of the synergistic effect mechanism of multiple subject of information chain of smart city.

Keywords: smart city information chain multiple subject subject synergy mechanism synergy information synergy